

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-530894

(P2002-530894A)

(43) 公表日 平成14年9月17日 (2002.9.17)

(51) IntCl.  
H01L 31/04

識別記号

FI  
H01L 31/04

フィート (参考)

M 5F051  
H

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2000-584535(P2000-584535)  
 (86) (22) 出願日 平成11年11月17日 (1999.11.17)  
 (85) 翻訳文提出日 平成13年5月23日 (2001.5.23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/NL99/00708  
 (87) 国際公開番号 WO00/31803  
 (87) 国際公開日 平成12年6月2日 (2000.6.2)  
 (31) 優先権主張番号 1010635  
 (32) 優先日 平成10年11月23日 (1998.11.23)  
 (33) 優先権主張国 オランダ (NL)

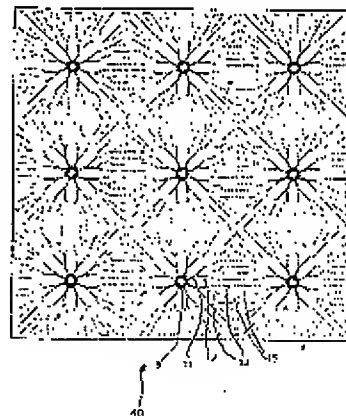
(71) 出願人 スティックディング・エネルギーオンデル  
 ブーク・セントルム・ネーデルランド  
 オランダ国、エヌエル・1755 ゼットヘー  
 ペッテン、ポストブス 1  
 (72) 発明者 ブルヘルズ、アントニウス・テートボウド  
 オランダ国、エヌエル・1751 ペーエー  
 シャーヘルブルーク、デ・クロフト 9  
 (74) 代理人 弁理士 奥山 尚一 (外2名)  
 Fターム (参考) 5F051 C013 F006 FA14

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光起電性セル上に金属被覆パターンを製造する方法

## (57) 【要約】

光起電性エレメントの少なくとも1つの外面上で電荷キャリアを移動させるために、所定の直列抵抗を示すと共に所定の程度のカバレッジに基づいて前記少なくとも1つの表面の一部をカバーする、相互接続された電気導体のシステムのパターンに従って金属被覆を行う方法が、  
 (1) この光起電性エレメントに、金属被覆をそこに行うように適合された少なくとも1つの外面を設けるステップと、(11) 所定のパターンに基づいて、隣接する表面上に金属被覆を行うステップとを含み、このエレメントの電力がこの形状の関数として最大になるように定義される形状の最適化パターンに基づいて 第2のステップ (11) 内で金属被覆が行われ、また光起電性エレメントはこの方法に基づいて行われた金属被覆を備えている。



(2)

特表2002-530894

**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 光起電性エレメントの少なくとも1つの外面上で電荷キャリアを移動させるために、所定の直列抵抗を示すと共に所定の程度のカバーリングに基づいて前記少なくとも1つの表面の一部をカバーする相互接続された電気導体のシステムのパターンに従って金属被覆を行う方法であって、

(i) その外面の少なくとも1つが金属被覆をそこに行うように適合された、前記光起電性エレメントを設けるステップと、

(i i) 所定のパターンに基づいて、前記関連する表面上に金属被覆を行うステップと、

を含み、

前記エレメントの電力が形状の関数として最大になるように定義される形状の最適化パターンに基づいて 前記第2のステップ(i i)内で金属被覆が行われる、

ことを特徴とする方法。

【請求項2】 入射光を受けるように適合された前記光起電性エレメントの前面上で陰影損失及び抵抗損失を結果として生ずる金属被覆パターンに適用するための、請求項1に記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記前面を完全にカバーすると共に前記カバーリングの程度に応じた入射光のわずかな量が通過できる光透過金属被覆層の前記前面上の位置の関数として、動作状態では前記エレメント内で生じる前記陰影損失及び前記抵抗損失の合計が最小になるような方法で前記厚さを決定すること、及び前記厚さから前記位置の関数として、相互接続された電気導体のシステムのパターンの形状を引き出すことによって得られることを特徴とする方法。

【請求項3】 入射光を受けるように適合された前記前面の反対側にある、前記光起電性エレメントの背面上で抵抗損失を結果として生ずる金属被覆パターンに適用するための、請求項1に記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記背面を完全にカバーすると共に前記カバーリングの程度に応じた入射光のわずかな量が通過できる光透過金属被覆層の前記背面上の位置の関数として、動作状態で前記エレメント内で生じる前記抵抗損失及び前記金属被覆用材料の量につ

(3)

特表2002-530894

いての能率の損失で表現された尺度の合計が最小になるような方法で前記厚さを決定すること、及び前記厚さから前記位置の関数として、相互接続された電気導体のシステムのパターンの形状を引き出すことによって得られることを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項2又は3に記載の方法であって、前記それぞれの金属被覆層の前記位置の関数としての前記厚さが、前記それぞれの表面を完全にカバーする前記金属被覆層が等方性の導電率を有する場合について決定されることを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項2～請求項4のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さを、前記それぞれの表面上の前記位置の関数として、前記エレメントの電力が前記エレメントの表面と前記金属被覆との間のトランジションにおける電気抵抗の関数としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項2～請求項5のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さを前記それぞれの表面上の前記位置の関数として、前記エレメントの電力が前記エレメントの前記表面抵抗の関数としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項7】 請求項2～請求項6のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さを、前記それぞれの表面上の前記位置の関数として、前記エレメントの電力が前記それぞれの金属被覆材料の関数としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項8】 請求項1～請求項7のいずれかに記載の方法に従って適用された金属被覆を備えた光起電性エレメント。

(4)

特表2002-530894

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

本発明は、光起電性エレメントの少なくとも1つの外面上で電荷キャリアを移動させるために、相互接続された電気導体のシステムのパターンに従って、金属被覆化を行う方法に関する。これらの導体は所定の直列抵抗を示し、少なくとも1つの面の所定の部分をカバーする。この方法は、

(i) 少なくとも1つの外面がそこへの金属被覆を行うように適合された、光起電性エレメントを提供するステップと、

(ii) 関連する外面の所定のパターンに従って、金属被覆化を行うステップと、から成る。

## 【0002】

光起電性エレメント（太陽電池）は、一般に、p型の半導体材料の少なくとも1つの層とn型の半導体材料の層との積重ね構造体から成り、これらの層の界面に入る光子の影響のもとで、電荷キャリアを発生する。相互接続された導体のシステムのパターンは、以後金属被覆パターンと呼ぶが、そのようなエレメントの本質的な部分を形成する。金属被覆パターンは、このセルと電気的接触を行うために、例えばスクリーンプリント技術を用いて、通常、太陽電池の前面及び背面に利用される。利用された金属被覆パターンは、一般に、不透明であり、日光を受ける側（さらにまた、前面側と呼ばれる）の太陽電池内に陰影損失の原因となる。

## 【0003】

太陽電池の前面側にスクリーンプリンティングによって行われた金属被覆パターンの設計は、一般に、この金属被覆に起因する陰影損失と金属被覆パターンの電気的直列抵抗との間の妥協の結果である。抵抗が小さければそれだけ、パターンの全体の表面領域及びそれにより生じる陰影損失は大きくなる。太陽電池の背面側では、陰影損失は一般に問題にはならないが、金属被覆層で背面側を完全にカバーすることは、太陽電池の固有な機能に対して厳密に言えば必要ではなく、一方、そのような完全な金属被覆層の生産コストは、一般に、背面側を完全にはカバーしない金属被覆パターンのコストよりも高くなる。

(5)

特表2002-530894

## 【0004】

金属被覆パターンは、一般に、フィンと呼ばれる細いラインのウェブから成る。光起電性エレメントの材料内の抵抗（エミッタ抵抗）から結果として生じる損失を減らすために、これらのラインは、互いに近接して配置できるように細くする必要がある。フィン自体の導電率は、一般に、大きな損失なしに光電流を光起電性エレメントのエッジに伝導するには不十分である。フィン内の損失を減少させるために、タブと呼ばれている接触ストリップは、通常、フィンの上に配置される。これにより、全体の伝導率が増加し、また太陽電池を別の太陽電池に接続するのに役に立つ。

## 【0005】

フィンウェブは、原則的には、何らかのトポロジー及び寸法を持っているので、一般的に最適なパターンを見つけることは特に難しい。このため、金属被覆パターンの最適化は、一般に所定のトポロジー内のパターンのグループについて行われる。横方向に伸びる平行なフィン及びタブからアセンブルされたH形の金属被覆メッシュにおいて、フィン距離を最適にする方法は周知である。フィンの方向は、この特定のパターンを選択すると固定され、最適な選択は行われない。周知の最適化方法についての別の欠点は、その方法が特に、概ね長方形の形状をした太陽電池に限定されていることである。

## 【0006】

本発明の目的は、関連する光起電性エレメントの形状とは無関係に、抵抗損失及び陰影損失に対して最適化された金属被覆パターンを適用する方法を提供することである。

## 【0007】

この目的は、ブリアンブルの中で述べたタイプの方法を用いて達成され、また他の利点が得られる。ここでは金属被覆は、本発明によれば、最適化されたパターンに従って、第2のステップ（ii）の中で適用される。このパターンの形状は、このエレメントの電力がこの形状の関数として最大になるように定義される。

## 【0008】

(6)

特表2002-530894

本発明は、太陽電池上の相互接続された電気導体のシステムの周知の金属被覆パターンを、少なくとも部分的に透明な金属被覆の中で表現することができるという、驚くべき洞察力に基づいている。この少なくとも部分的に透明な金属被覆は、この周知の金属被覆パターン内と同じ陰影損失及び抵抗損失が発生しているこの太陽電池を完全にカバーしている。

## 【0009】

相互接続された電気導体のシステムを、少なくとも部分的に透明な金属被覆から構成することが逆に可能であることが、ここで見出されている。この少なくとも部分的に透明な金属被覆は、この少なくとも部分的に透明な金属被覆内と同じ陰影損失及び抵抗損失が発生する太陽電池を完全にカバーしている。

## 【0010】

本発明による方法の実施形態においては、入射光を受けるように適合された光起電性エレメントの前面上で陰影損失及び抵抗損失を発生させる金属被覆パターンに適用する目的の最適化パターンは、この前面を完全にカバーすると共にカバーリングの程度に応じた入射光のわずかな量が通過できる光透過金属被覆層の前面上の位置の関数として、動作状態ではこのエレメント内で生じる陰影損失及び抵抗損失の合計が最小になるような方法で厚さを決定すること、またこれにより、厚さの数列を決定すること、及びこの厚さから位置の関数として、相互接続された光が透過しない電気導体のシステムのパターンの形状を得ることによって得られる。

## 【0011】

本発明による方法の別の実施形態においては、入射光を受けるように適合された前面の反対側にある、光起電性エレメントの背面上で抵抗損失を発生する金属被覆パターンに適用する目的の最適化パターンは、この背面を完全にカバーすると共にカバーリングの程度に応じた入射光のわずかな量が通過できる光透過金属被覆層の背面上の位置の関数として、動作状態ではこのエレメント内で生じる抵抗損失及び金属被覆用材料の量についての能率の損失で表現された尺度の合計が最小になるような方法で厚さを決定すること、及びこの厚さから位置の関数として、相互接続された光が透過しない電気導体のシステムのパターンの形状を得る

(7)

特表2002-530894

ことによって得られる。

【0012】

本発明による方法の実施形態では、それぞれの金属被覆層の位置の関数としての厚さは、一般に、それぞれの表面を完全にカバーする金属被覆層が等方性の導電率を有する場合について決定される。

【0013】

例えば、関連する太陽電池内で所定の方向に発生する電流を流すラインのパターンを用いて、金属被覆パターンを最適にするような特定の場合では、それぞれの金属被覆の位置の関数としての厚さは、それぞれの表面を完全にカバーする金属被覆層が異方性の導電率を有する場合について決定される。

【0014】

この方法の以下の実施形態では、最適化パターンは、それぞれの光が透過する金属被覆層の厚さをそれぞれの表面上の位置の関数として、このエレメントの電力がエレメントの表面と金属被覆との間のトランジションにおける電気抵抗の関数としても最大になるように決定することによって得られる。

【0015】

さらに別の実施形態では、最適化パターンは、それぞれの光が透過する金属被覆層の厚さをそれぞれの表面上の位置の関数として、このエレメントの電力がまた、エレメントの表面抵抗の関数として最大になるように決定することによって得られる。

【0016】

さらに別の以下の実施形態においては、最適化パターンは、それぞれの光が透過する金属被覆層の厚さをそれぞれの表面上の位置の関数として、このエレメントの電力がまた、それぞれの金属被覆材料の関数として最大になるように決定することによって得られる。

【0017】

前面上に分布した多数のポートについての金属被覆の厚さを、この前面を完全にカバーする金属被覆が存在する場合に、動作状態でこのエレメント内で発生する陰影損失及び抵抗損失の合計が最小になるように決定することは、例えば、以

(8)

特表2002-530894

下のように行われる。

【0018】

光起電性エレメントの前面側の表面上で座標 $(x,y)$ で示されるポイントにおいて、このエレメントが発生した最大電力における局所電流密度及び電圧を、それぞれ $J_{sp}$ 及び $V_{sp}$ で示す場合、金属被覆層に起因する陰影損失がない場合の全発生電力 $P_g$ は、以下の方程式で示される。

【数1】

$$P_g = \int_S J_{sp} V_{sp} dx dy \quad (1)$$

ここで、 $S$ はエレメントの表面である。

【0019】

方程式(1)によって照明された最大電力は、実際は、陰影損失及び抵抗損失が発生する結果、この値より小さい。エレメントの前面側上では、必然的に存在する金属被覆に起因する陰影効果の結果として、電流密度は減少する。

【数2】

$$J'_{sp}(x,y) = J_{sp}(1 - p_s(x,y)) \quad (2)$$

ここで、 $p_s(x,y)$ は、次の方程式で与えられる陰影部分を示す。

【数3】

$$p_s(x,y) = \frac{d(x,y)}{d_0} \quad (3)$$

ここで、 $d(x,y)$ は、少なくとも部分的に透明な金属被覆層の位置の関数としての厚さであり、 $d_0$ は、相互接続された導体のシステム内の導体の厚さである。

【0020】

$p_s(x,y)$ から、位置に依存する有効表面抵抗 $\rho_{sn}(x,y)$ は、次の方程式によって決定することができる。

【数4】



(9)

特表2002-530894

$$\rho_{sm}(x, y) = \frac{\rho_{sm,0}}{\rho_s(x, y)} \quad (4)$$

ここで、 $\rho_{sm,0}$ は、金属被覆パターンを形成するラインの表面抵抗である。

【0021】

金属被覆内の抵抗損失は、電圧分布 $V(x, y)$ についての偏微分方程式を解くことによって決定される。

【数5】

$$\nabla \cdot \left( \frac{1}{\rho_{sm}(x, y)} \nabla V(x, y) \right) = -J'_{sp}(x, y) \quad (5)$$

【0022】

この微分方程式(5)の解から生ずる電流のパターンは、抵抗分布が最小になるパターンである。この微分方程式は、関連する太陽電池の外部接点用の接続ポイント上の電圧によって与えられる境界条件を用いて解く必要がある。

【0023】

方程式(5)によって、太陽電池の形状、表面抵抗 $\rho_{sm}(x, y)$ 及び局所電流密度 $J'_{sp}(x, y)$ から、金属被覆内の電圧分布 $V(x, y)$ 及び電流の方向の計算を行うことができる。金属被覆内で消費される電力は、次の式によって与えられる。

【数6】

$$P_m = \int \frac{1}{\rho_{sm}(x, y)} (\nabla V(x, y))^2 dx dy \quad (6)$$

【0024】

抵抗損失も同様に、エレメントの表面(エミッタ)と金属被覆との間のトランジションの中で発生する。エミッタと金属被覆との間の接触は、有効接触抵抗 $\rho_{ce}$ によって示される。この有効接触抵抗は、関連する金属被覆のフィンガ幅及びエミッタの下表面抵抗に依存する。接触抵抗により消費された電力は、次の式によって示される。

(10)

特表2002-530894

【数7】

$$P_c = \rho_{ce} \int_s \frac{J'_{ap}(x, y)^2}{p_s(x, y)} dx dy \quad (7)$$

ここで、 $P_s(x, y)$ は、部分的な金属被覆の結果である接触表面の減少係数を示す。

【0025】

抵抗損失の別の原因は、エミッタ表面抵抗 $\rho_e$ によってもたらされる。幅が $w$ の平行フィンガの金属被覆パターンに対して消費されるユニット当たりの領域の電力 $P_e$ は、次の式によって与えられることが分かる。

【数8】

$$P_e = \int_s \frac{w^2}{12} \left( \frac{1 - P_s(x, y)}{p_s(x, y)^2} \right) \rho_e J'_{ap}(x, y)^2 dx dy \quad (8)$$

【0026】

金属被覆パターンによってカバーされた太陽電池の表面部分では、無論、電力は発生しない。太陽電池表面をカバーする結果として発生しない電力量は、陰影損失 $P_i$ と呼ばれて、次の式によって示される。

【数9】

$$P_i = \int_s P_s(x, y) J_{ap} V_{ap} dx dy \quad (9)$$

【0027】

陰影損失は、一般に、太陽電池の背面側では重要な役割を演じない。しかしながら、それは背面側の金属被覆層用の材料の量を制限するために重要である。最適にすべき材料の量は、次の方程式のように、陰影損失によって示すことができることが分かる。

【数10】

(11)

特表2002-530894

$$P_c = \int_S P_s(x, y) J_{sp} V_{sp} F_c dx dy \quad (10)$$

ここで、 $F_c$ は効率損失に対する材料の量に関する無次元パラメータである。

【0028】

太陽電池内で発生する電力の全損失 $P_t$ は、次の式のように、陰影損失及び発生する抵抗損失によって表すことができる。

【数11】

$$P_t = P_s + P_n + P_c + P_r \quad (11)$$

【0029】

本発明によれば、最適な位置に依存する陰影部分 $P_s(x, y)$ が決定される。発生する接触抵抗及びエミッタ表面抵抗からそれぞれ結果として生じる損失 $P_c$ 及び $P_r$ 、並びに陰影損失 $P_s$ は、方程式(7)及び(8)を用いて、この陰影部分から直接得ることができる。陰影部分から、表面抵抗 $\rho_{sn}(x, y)$ を方程式(4)を用いて計算することができ、電流密度 $J'_{sn}$ を方程式(2)を用いて計算することができる。偏微分方程式(5)を表面抵抗 $\rho_{sn}(x, y)$ を用いて解くことができる。いったんこの方程式を解くと、金属被覆中の抵抗損失を決定することができる。陰影部分 $P_s(x, y)$ は、全損失 $P_t$ が最小になるように選択しなければならない。

【0030】

最適化は以下のように実行される。C言語で書かれたメインプログラムは、フォートラン言語で書かれたサブルーチンをアドレスする。このサブルーチンは、自由に選択することができる多数のパラメータの連続し微分可能な関数の局所的最適点を見出す。このサブルーチンは、パラメータに対して上限及び下限を有している。パラメータは、以後粗目として表される、ユーザが定義する一組のポイント $(x_i, y_i)$ における陰影部分 $P_s(x_i, y_i)$ である。

【0031】

関数は、この場合、関連する粗目上の陰影部分から全損失 $P_t$ を計算する、比較的複雑な構造をしている。任意のポイント $(x, y)$ に対して、 $P_s(x, y)$ が値 $P_s(x_i, y_i)$ から補間法によって定義される。偏微分方程式(5)が、有限要素法(FEM

(12)

特表2002-530894

)を用いて解かれる。

【0032】

接触抵抗の損失(7)に対する被積分関数、エミッタ表面抵抗の損失(8)、及び発生した電力が有限要素法の細目ネットワーク上で評価される。ここでは、それぞれの被積分関数について、次に積分されるインターポラント(interpolant)が作られる。

【0033】

一度、最適な陰影部分 $P_s(x,y)$ が決定されると、等価の金属被覆パターンへ変換を行うことができる。フィンガの向きは、電界強度

【数12】

$$\bar{\nabla}V(x,y)$$

によって与えられる。平均陰影部分は、位置依存のフィンガ距離 $s(x,y)$ に変換することができる。

【数13】

$$s(x,y) = \frac{W}{P_s(x,y)} \quad (12)$$

【0034】

スクリーンプリントされた金属被覆パターンを備えた本発明による太陽電池において、従来技術によるパターンでは約12～13%に達する金属被覆損失が、約7%に減少することが判明された。

【0035】

実施形態に基づいてまた添付の図面を参照して、本発明を以下に説明する。

【0036】

図1は、従来技術による正方形の結晶シリコンの太陽電池1(寸法は、12.5×12.5 cm<sup>2</sup>)の、入射日光を受けるように適合された前面側を示している。この太陽電池1は、周知のスクリーンプリント技術に従って適用された、平行なフィンガ2のH形金属被覆パターン、及び接触ストリップ(タブ)3を備えている。これらの折衝管ストリップの導電率は、フィンガよりも高い。さらに、座標系(x

(13)

特表2002-530894

$y$ )が示されている。

【0037】

図2は、本発明による正方形の結晶シリコンの太陽電池10（寸法は、 $12.5 \times 12.5 \text{ cm}^2$ ）の実施形態の、入射日光を受けるように適合された前面側を示している。この太陽電池10は、タブ3及び金属被覆メッシュ6、7を備えている。フィンガ6の密度は、左手側の電流テークオフポイントの方向に増加する。異なる密度の領域におけるフィンガを相互接触させるために、等価電位の経路に沿って伸びる接続ストリップ7が使用される。接続ストリップ7は、太陽電池の効率において、個々のフィンガ6の破損による悪影響が減少されるという付加的な利点をもたらす。その理由は、破損の場合、一部のフィンガ6が常にそれぞれのタブ3に接続されたままになるからである。フィンガ6は、図1に示した太陽電池1のパターンを開始点として採用するパターンの中で適用されるが、このパターンに対して、本発明によれば、フィンガに起因する陰影部分についての電力損失が最適化される。

【0038】

図1のH形金属被覆パターン内のフィンガは、 $y$ 方向に電流を流すだけなので、異方性の伝導率を可能にするために、方程式(5)を以下の式のように最適化手順の中で一般化する必要がある。

【数14】

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\rho_x(x, y)} \frac{\partial V(x, y)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{\rho_y(x, y)} \frac{\partial V(x, y)}{\partial y} \right) = J'_{sp}(x, y) \quad (13)$$

ここで、電流密度のベクトルは次の式によって与えられる。

【数15】

$$\vec{J}(x, y) = \begin{pmatrix} \frac{1}{\rho_x(x, y)} \frac{\partial V(x, y)}{\partial x} \\ \frac{1}{\rho_y(x, y)} \frac{\partial V(x, y)}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (14)$$

(14)

特表2002-530894

【0039】

次に、任意方向の最良の導電率を、計算の中に、第2の混合して導かれた項

【数16】

$$\frac{\delta}{\delta x} \left( \frac{1}{\rho_{xy}(x, y)} \frac{\delta v(x, y)}{\delta y} \right)$$

を含むことによってモデル化することができる。このように、異方性の導電率は、この異方性の導電率をフィンガを有するラインの中に持ち込むことによって、任意の方向に伸びるフィンガを有する別の金属被覆パターンの分析に使用される。

【0040】

タブ ( $y \geq y_0$ ) は、表面導電率  $\sigma_s$  を有する。 ( $y < y_0$ ) については、導電率  $\sigma_x$  は、x 方向ではゼロに設定されて、

【数17】

$$\rho_y = \frac{s}{W} \rho_{sm,0}$$

が適用される。

【0041】

この場合、金属被覆パターンの導電率は、1つのパラメータだけによって、すなわち、太陽電池が発生した電力を最適にすることによって発見される、フィンガ距離  $s$  によって決定される。

【0042】

図3は、図2の太陽電池10の表面より下の部分を示している。この太陽電池は、計算する目的ではユニットセルと見なされる。この図には、計算され正規化された電流密度のベクトル

【数18】

$$\vec{j}(x, y) / |j|(x, y)|$$

、及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高

(15)

特表2002-530894

線5が示されている。

#### 【0043】

図1と、図2及び図3との間を比較すると、太陽電池10内の最適化された金属被覆パターンは、図1の太陽電池1内のテーパなしのフィンガを有するH形金属被覆パターンとは、わずかに異なっているだけであることが分かる。最適化されたセルでは、電流の方向はまた、タブ3の方向にほぼ垂直である。タブ3の抵抗は、金属被覆の抵抗と比較すると小さいので、電流が最短ルートに沿ってタブ3に流れる場合、金属被覆内の抵抗損失は最小になる。最適化されたユニットセルでは、金属被覆は、ユニットセルのエッジの方向において、タブ3に近い領域にわずかにシフトされる。

#### 【0044】

図4は、金属被覆メッシュ6、7を備えた太陽電池20の背面側を示している。この金属被覆メッシュは、最適化する場合、本発明に基づいて、太陽電池の背面側全体をカバーする金属被覆メッシュから始めることによって得られる。フィンガ6の密度は、左手側の電流テークオフポイントの方向に増加する。異なる密度の領域におけるフィンガを相互接触させるために、等価電位を有する経路に沿って伸びる接続ストリップ7が使用される。別の方法では、分岐構造を有するパターンを選択することが可能である。この構造によると、フィンガ4は、最大電流密度を有するパターンに完全に平行して伸びていない。図示したパターンは、太陽電池の背面側の24%の金属被覆によるカバレッジの結果として得られる。これは、方程式(9)内の無次元パラメータについて値 $F_2 = 0.03$ に相当する。

#### 【0045】

図5は、図4の太陽電池20の表面より下の部分を示している。この図には、計算され正規化された電流密度のベクトル

【数19】

$$j(x, y) / |j(x, y)|$$

、及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高線5が示されている。

(15)

特表2002-530894

## 【0046】

図6は、直径が2mmの9つのホール8を有する、MRT（「金属被覆ラップスルー」(metallization wrap through)）タイプの、 $12.5 \times 12.5 \text{ cm}^2$ の正方形の太陽電池の、入射日光を受けるように適合された前面側を示している。MRTの太陽電池では、前面側の陰影損失を減らすために、負及び正の接点は両方ともセルの背面側に配置される。ここでは、太陽電池の表面内に導体の通し用の通路が使用される。図示した太陽電池30は、9つの等しい正方形の物理的ユニットのセルに再分割することができ、それらのセルは、それぞれ、8つの数学的ユニットのセルに再分割することができる。

## 【0047】

図7は、金属被覆パターン11、12、13、14、15を有する、図6のMRT太陽電池30の物理的ユニットのセルPQRSを詳細に示している。これらの金属被覆パターンは、厚さが変化する完全金属被覆と思われた方法に基づいて得られる。パターンの平均陰影部分又は光伝送金属被覆は、分析関数 $\mu/r$ と、数学的ユニットのセル9の6つのポイントに基づくインターポラント (interpolant) との一次結合から成る。関数 $\mu/r$ において、 $r$ はホール8のセンタからユニットセルPQRS上のポイントまでの距離であり、 $\mu$ は値がフィッティングによって決定されるスカラー量である。フィンガの幅は、ホール8からユニットセルPQRSに向かう方向のそれぞれのブランチにおいて減少している、すなわち、図示した実施例では、フィンガ11、12、13のライン幅は、それぞれ、300、150及び100  $\mu\text{m}$ である。

## 【0048】

図8は、図6のMRT太陽電池の数学的ユニットのセル9を詳細に示している。この図は、ホール8の周辺、ラインセグメントQRの中心のポイントT、及びポイントRによって囲まれた、図9のセクタに対応している。

## 【0049】

図9は、図6の太陽電池30の数学的ユニットのセル9の表面を示している。この図では、計算され正規化された電流密度のベクトル

## 【数20】



(17)

特表2002-530894

$$j(x, y) / |j(x, y)|$$

、及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高線5が示されている。フィンガは、陰影部分がホール8の近くで著しく増加していることを示している。ホール8から最も離れたユニットセル9の部分では、エミッタ抵抗及び接触抵抗が支配的である。これは陰影部分に対して、約5%の一定値を結果として生じている。太陽電池がより多くのホールをユニット当たりの領域に含む場合、ライン抵抗の貢献度はそれだけ低くなる。エミッタ抵抗及び接触抵抗から結果として生ずる損失は一定であるため、ホールの数がさらに増加するにつれて、それらの抵抗が支配的になるため、ユニット領域当たりのホールの数には上限がある。表面領域が $12.5 \times 12.5 \text{ cm}^2$ の本発明の太陽電池の場合は、この上限は約25になる。

#### 【0050】

図10は、MRTタイプの正方形太陽電池40の、入射日光を受けるように適合された前面側を示している。この太陽電池は、図6に示した太陽電池30の別の実施形態である。太陽電池30では、互いの距離が異なるフィンガ13と15との間の接続は、周辺方向で閉じた連続的なライン14を用いて行われる。太陽電池40においては、フィンガ13、15は、隣接するユニットセル内の対応するフィンガと一致して伸びるような方法で、物理的なユニットセルに対して分岐しており、また周辺方向で閉じているライン14が省かれている。

#### 【0051】

前述した実施形態は、本発明を説明するために有用であることに注意されたい。本発明は、原理的に、この太陽電池内の電流の方向又は金属被覆のトポロジーを規定することを要求されないような、どのようなタイプの太陽電池上の金属被覆パターンをも最適化することに適用することができる。本発明による方法を用いると、例えば、入射日光の所定のレベルにおける最大効率、最大の年次エネルギー収量、又は金属被覆パターンのコストとそのパターンの電気抵抗との間の最適なバランスに対して、金属被覆パターンを最適にすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

(18)

特表2002-530894

## 【図1】

従来技術による正方形の太陽電池の平面図である。この太陽電池は、H形の金属被覆メッシュ、平行なフィンが及びそれらの上を横方向に伸びる2つのタブを備えている。

## 【図2】

本発明による方法の第1の実施形態に基づいて、図1に示したH形の金属被覆メッシュを最適化することによって得られた、金属被覆メッシュを備えた正方形の太陽電池の平面図である。

## 【図3】

図2の太陽電池の表面の詳細を示す平面図である。この図では、計算され正規化された電流密度のベクトル及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高線が示されている。

## 【図4】

本発明による方法の第2の実施形態に基づいて、太陽電池の背面側全体をカバーする金属被覆メッシュを最適にすることによって得られた、金属被覆メッシュを備えた正方形の太陽電池の底面図である。

## 【図5】

図4の太陽電池の表面の底面図である。この図では、計算され正規化された電流密度のベクトル及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高線が示されている。

## 【図6】

MRT（「金属被覆ラップスルー」(metallization wrap through)）タイプの正方形の太陽電池の第1の実施形態を示す平面図である。この太陽電池は、図7に示す金属被覆メッシュを備えており、本発明による方法の第3の実施形態に基づいて、最適化する場合、太陽電池の上面すなわち前面側全体をカバーする金属被覆メッシュから始めることによって得られる。

## 【図7】

図6に示した、金属被覆メッシュを備えた太陽電池の詳細を示す平面図である。

(19)

特表2002-530894

## 【図8】

図6に示した、金属被覆メッシュを備えた太陽電池のさらに拡大した詳細を示す平面図である。

## 【図9】

図6の太陽電池の表面の詳細を示す平面図である。この図では、計算され正規化された電流密度のベクトル及び金属被覆ラインによるカバレッジの計算されたパーセンテージを表す等高線が示されている。

## 【図10】

MRT（「金属被覆ラップスルー」）タイプの正方形の太陽電池の第2の実施形態を示す平面図である。この太陽電池は、本発明による方法の第3の実施形態に基づいて、最適化する場合、太陽電池の上面すなわち前面側全体をカバーする金属被覆メッシュから始めることによって得られた金属被覆メッシュを備えている。

(20)

特表2002-530894

【図 1】

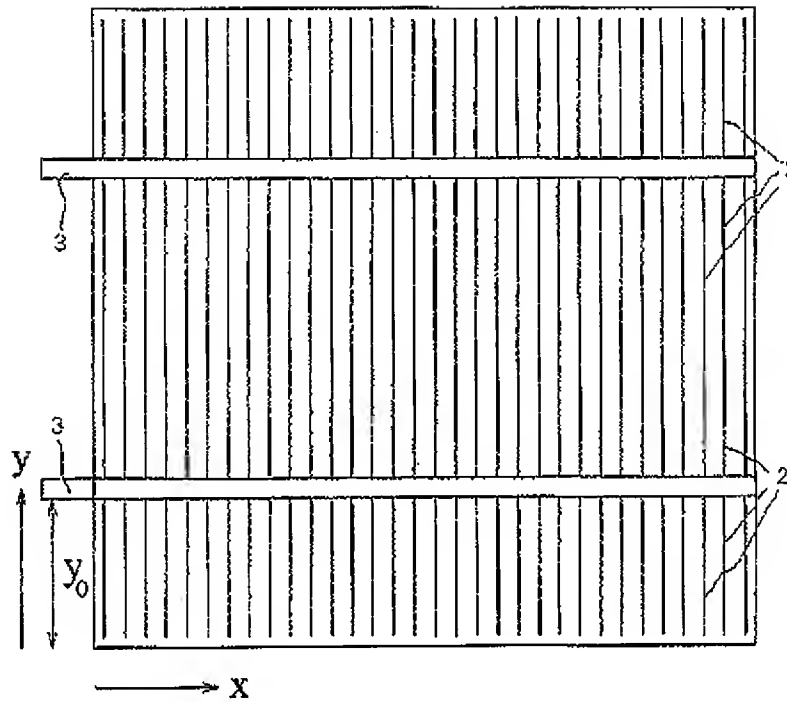


Fig. 1

(21)

特表2002-530894

【図2】

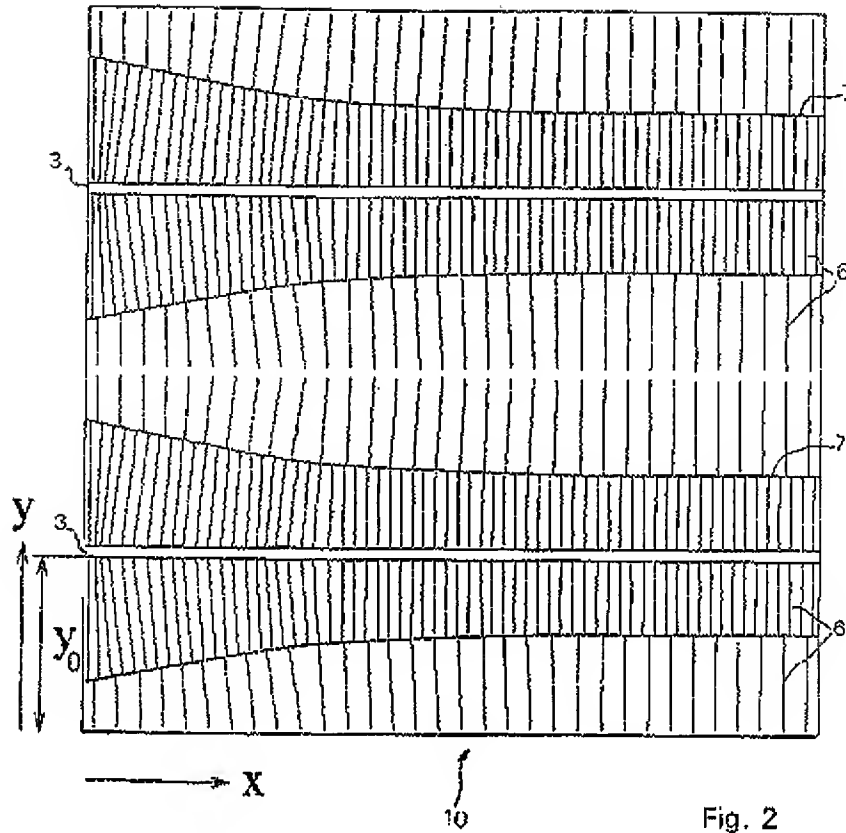


Fig. 2

【図3】

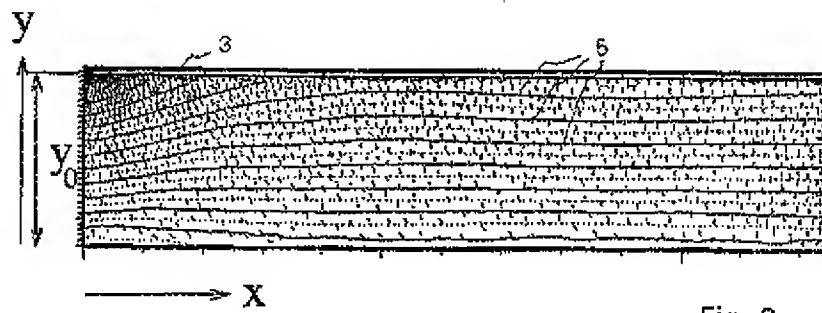


Fig. 3

(22)

特表2002-530894

【図4】

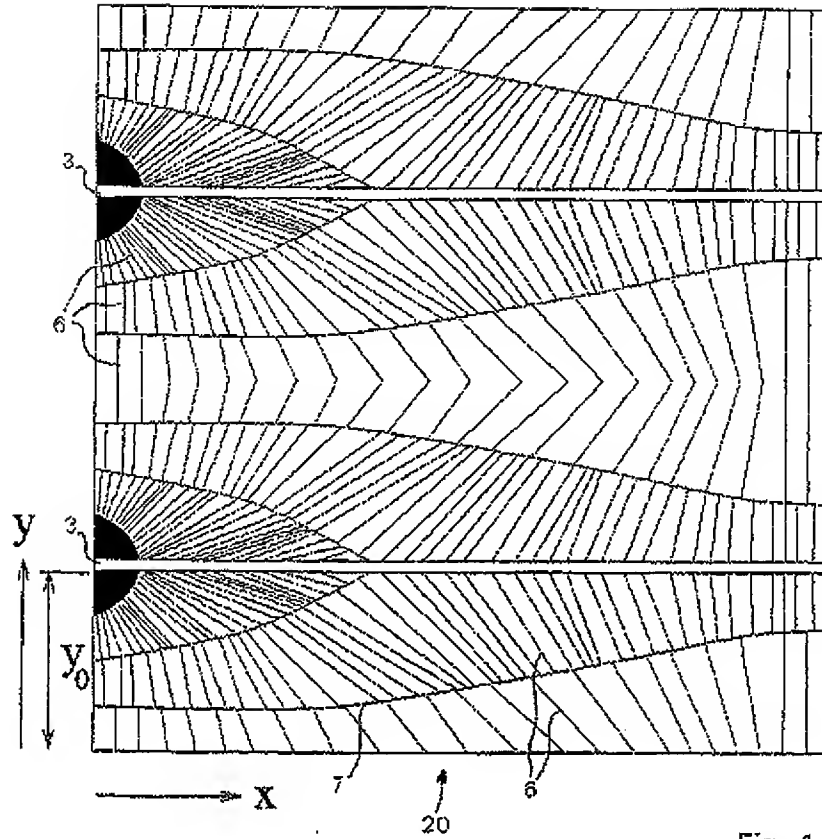


Fig. 4

【図5】

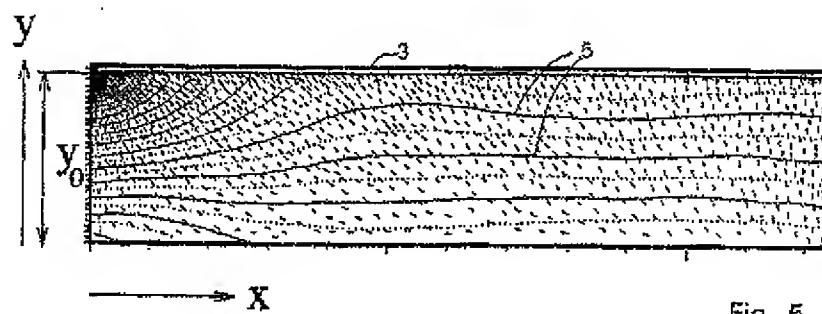


Fig. 5

(23)

特表2002-530894

【図 6】

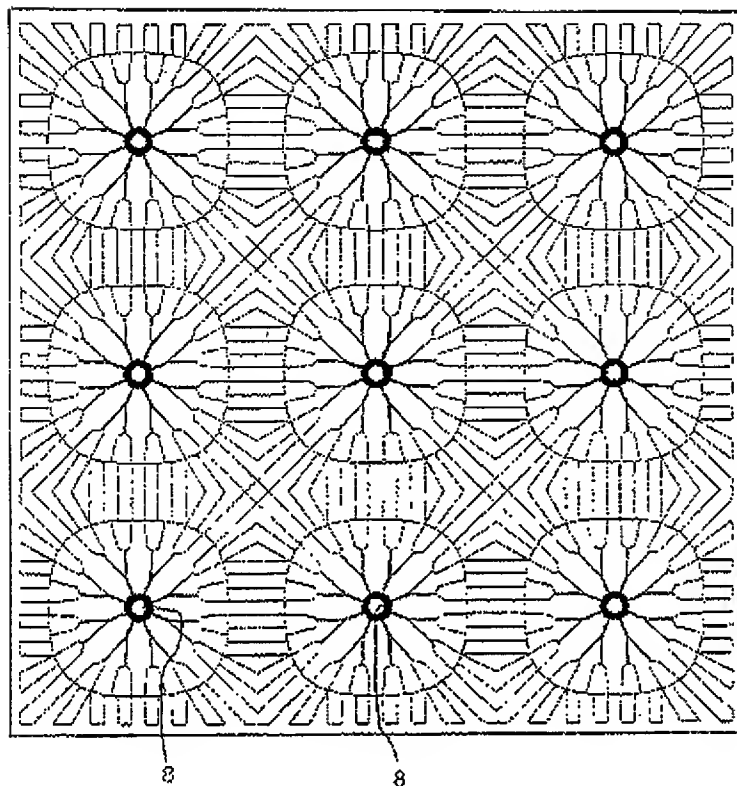


Fig. 6

30

(24)

特表2002-530894

【図7】

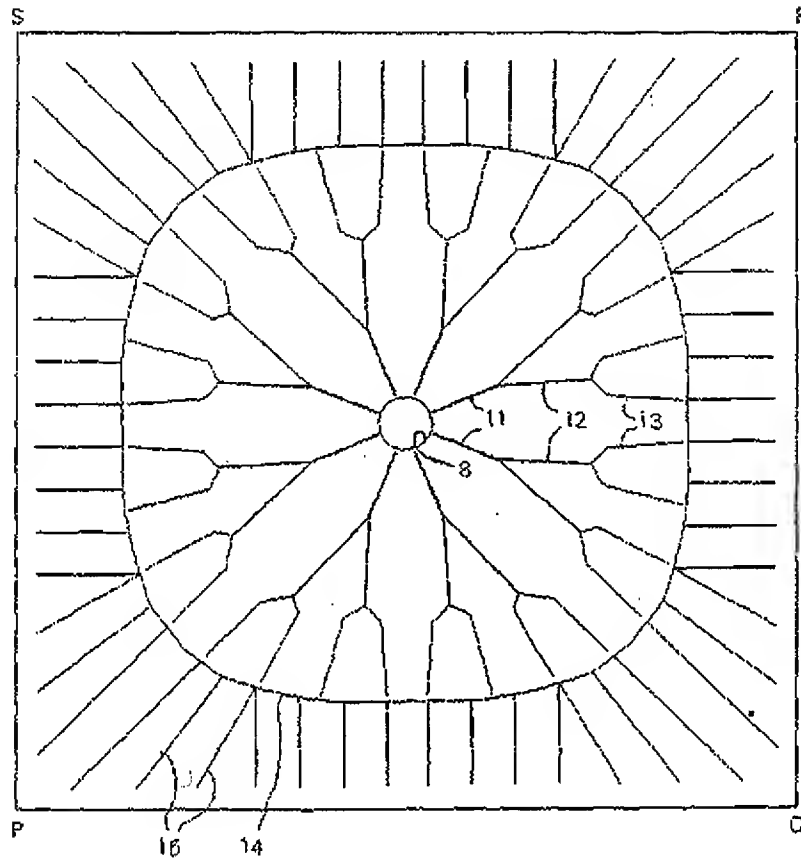


Fig. 7



(25)

特表2002-530894

【図8】

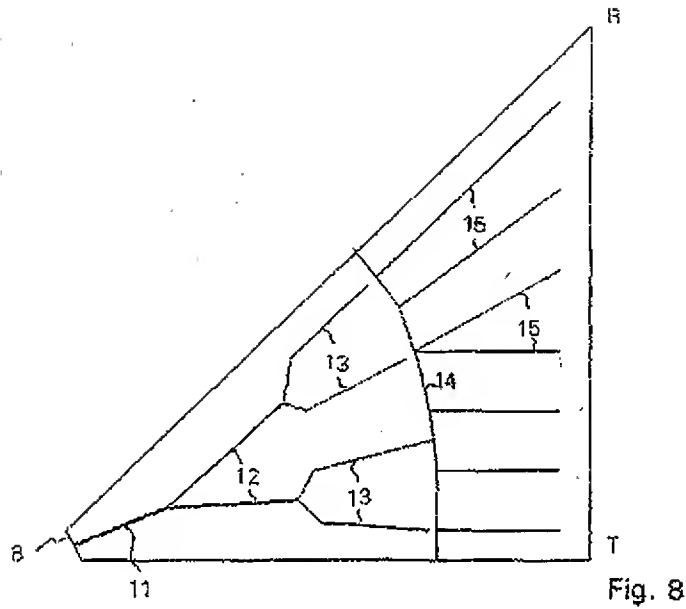


Fig. 8

【図9】

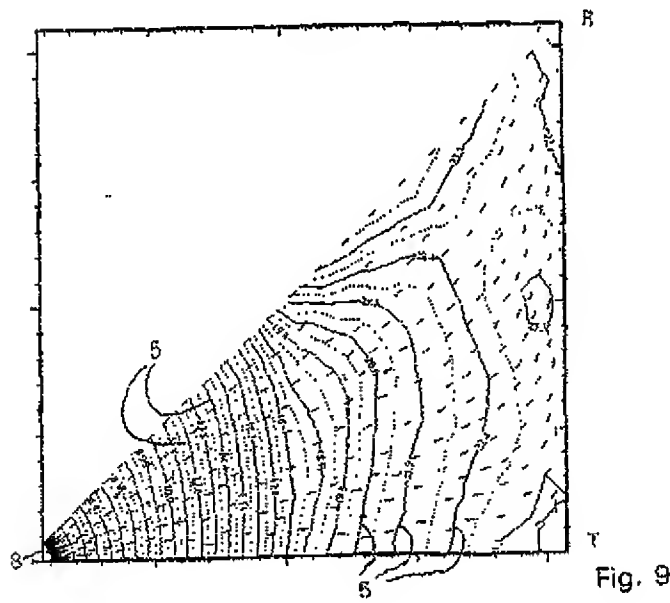


Fig. 9

JP,2002-530894,A

☒ STANDARD ☐ ZOOM-UP ROTATION  ☒ REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE

DETAIL

(25)

特表2002-530894

【図10】

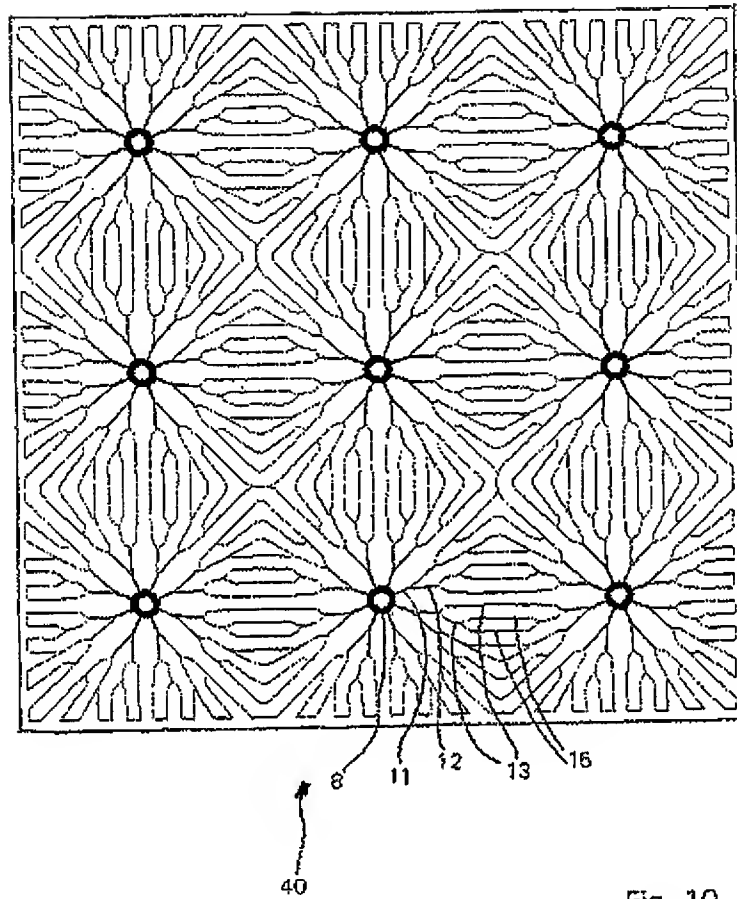


Fig. 10

(27)

特表2002-530894

【手続補正書】特許協力条約第34条補正の翻訳文提出書

【提出日】平成12年11月20日(2000.11.20)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光起電性エレメントの少なくとも1つの外面上で電荷キャリアを移動させるために、所定の直列抵抗を示すと共に所定の程度のカバーリングに基づいて前記少なくとも1つの表面の一部をカバーし、かつ陰影損失および抵抗損失を起こす相互接続された電気導体のシステムのパターンに従って金属被覆を行う方法であって、

(1) 前記光起電性エレメントの外面の少なくとも1つが、入射光を受けるように適合された前記光起電性エレメントの前面、又は、入射光を受けるように適合された前記前面の反対側にある前記光起電性エレメントの背面であり、その面が金属被覆を行なうために適合される前記光起電性エレメントを設けるステップと、

(11) 所定のパターンに基づいて、前記関連する表面上に金属被覆を行うステップと、

を含み、

前記前面又は背面を完全にカバーすると共に前記カバーリングの程度に応じた入射光のわずかな量が通過できる光透過金属被覆層の前記前面又は背面上の位置の関数(x,y)として、動作状態では前記エレメント内で生じる陰影損失

【数1】

$$P_s = \int_S P_s(x, y) J_{np} V_{np} dx dy$$

及び抵抗損失

【数2】

(28)

特表2002-530894

$$P_m = \int_S \frac{1}{\rho_{sm}(x, y)} (\nabla V(x, y))^2 dx dy$$

の合計、又は前記抵抗損失

【数3】

$$P_m = \int_S \frac{1}{\rho_{sm}(x, y)} (\nabla V(x, y))^2 dx dy$$

及び前記金属被覆用の材料の量についての能率の損失

【数4】

$$P_s = \int_S P_s(x, y) J_{sp} V_{sp} F_c dx dy$$

で表現された尺度の合計が最小になるような方法で厚さ $d(x, y)$ を決定すること、及び、前記厚さ $d(x, y)$ から位置 $(x, y)$ の関数として、相互接続された電気導体のシステムのパターンの形状を引き出すことによって得られる最適化パターンに基づいて前記第2のステップ(11)内で金属被覆が行われる(ここで、方程式Sは前記エレメントの前記表面であり、 $P_s(x, y)$ は陰影部分を示し、 $J_{sp}$ 及び $V_{sp}$ は、それぞれ、局所電流密度及び前記エレメントが発生した最大電力における電圧を示し、 $\rho_{sm}(x, y)$ は表面抵抗を示し、 $P_s(x, y)$ は陰影部分を示し、また $F_c$ は効率損失に対する材料の量に関する無次元パラメータである)

ことを特徴とする方法。

【請求項2】 請求項1に記載の方法であって、前記それぞれの金属被覆層の前記位置の関数 $(x, y)$ としての前記厚さ $d(x, y)$ が、前記それぞれの表面を完全にカバーする前記金属被覆層が等方性の導電率を有する場合について決定されることを特徴とする方法。

【請求項3】 請求項1～請求項2のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さ $d(x, y)$ を、前記それぞれの表面上の前記位置の関数 $(x, y)$ として、前記エレメントの電力が、前記エレメントの表面と前記金属被覆との間のトランジションにおける電気

(29)

特許2002-530894

抵抗の関数  $\rho_{ce}(x,y)$  としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項4】 請求項1～請求項3のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さ  $d(x,y)$  を前記それぞれの表面上の前記位置の関数  $(x,y)$  として、前記エレメントの電力が前記エレメントの前記表面抵抗の関数  $\rho_{sa}(x,y)$  としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項5】 請求項1～請求項4のいずれかに記載の方法であって、前記最適化パターンが、前記それぞれの光が透過する金属被覆層の前記厚さを前記それぞれの表面上の前記位置の関数  $(x,y)$  として、前記エレメントの電力が前記それぞれの金属被覆材料の関数  $\rho_{sa,o}$  としても最大になるように決定することによって得られることを特徴とする方法。

【請求項6】 請求項1～請求項5のいずれかに記載の方法に従って適用された金属被覆を備えた光起電性エレメント（10，20，30，40）。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】

フィンガのウェブは、原則的には、何らかのトポロジー及び寸法を持っているので、一般的に最適なパターンを見つけることは特に難しい。このため、金属被覆パターンの最適化は、一般に所定のトポロジー内のパターンのグループについて行われる。

固体エレクトロニクス37、1994年1月、No. 1、ページ220～222、において、単一のパラメータ、すなわち、キャリア平均経路（carrier mean path）の計算に基づいて決定される、最適なグリッドラインのパターンを可能にする方法が開発されている。このパラメータの最小値を有する太陽電池のグリッドパターンは最も効果的である。この方法は、種々の形状、同じシャドーイン

JP,2002-530894,A

☒ STANDARD ☐ ZOOM-UP ROTATION  ☐ REVERSAL

RELOAD

PREVIOUS PAGE

NEXT PAGE

DETAIL

(30)

特表2002-530894

グファクタ (shadowing factor) 及び全グリッドライン長のグリッドパターンを有する太陽電池を比較する場合に特に望ましい。

フィンガの方向が特別なパターンの選択によって固定され、最適に選択されないことは、この周知の方法の欠点である。この周知の最適化方法の別の欠点は、この方法が特定の、形状が大体長方形の太陽電池に限定されることである。

JP-A-06053531から、すなわち、対応する日本特許抄録によれば、サブ電極がメイン電極から最も離れた場所で最も薄く、このメイン電極に向かって厚くなるような太陽電池を提供することによって、ジュール熱及び光学損失を抑制することにより、光電変換器の光電変換効率を向上させることは周知である。



## 【國際調查報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Job: International Application No.  
 PCT/NL 99/00708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7: H02L31/0224

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7: H02L

Documentation searched other than minimum documentation on the subject that is not a document and included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>BURGERS, A.R.: "Optimizing meta-tization patterns for yearly yield"            1997 26TH IEEE PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, 30 September 1997 (1997-09-30) - 3 October 1997 (1997-10-03), pages 219-222, XP622109970            Anaheim, CA            page 219, column 1, line 1 - page 220, column 2, line 16</p> <p style="text-align: center;">— — — — —</p>	1

<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are cited in the conclusion of part C.	<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are cited in part C.
* Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier documents but published on or after the international filing date "C" documents where the prior date on priority claims or which is cited to establish the publication date of another document or other special reasons (see specification) "D" documents relating to oral disclosures, use, exhibition or other means "E" document published prior to the international filing date but later than the priority date obtained	"F" document published after the international filing date at priority date and not in conflict with the application but cited to demonstrate the principle or priority underlying the invention "G" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step within the document to which it refers "H" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step within the document is contained with one or more other prior documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "I" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 February 2000	24/02/2000
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 1 NL - 2440 RD Rijswijk Tel. (+31-79) 540-6640; Tel. fax (+31-79) 540-6640	Applicant's address Acco, S

(32)

特表2002-530894

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.  
PCT/NL 99/00708

C. (Contingency) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passage	Relevant to claim No.
X	MURILE P ET AL: "A CONTRIBUTION TO THE OPTIMIZATION OF FRONT-CONTACT GRID PATTERNS FOR SOLAR CELLS" SOLID STATE ELECTRONICS, vol. 37, no. 1, 1 January 1994 (1994-01-01), pages 220-222, XP000453725 ISSN: 0038-1101 abstract page 221, column 1, paragraph 4 -column 2, paragraph 1	1
X	DESALVO S C ET AL: "AN OPTIMIZED TOP CONTACT DESIGN FOR SOLAR CELL CONCENTRATORS" PHOTOVOLTAIC SPECIALISTS CONFERENCE, LAS VEGAS, OCT. 21 - 25, 1985, vol. 1, no. CONF. 18, 21 October 1985 (1985-10-21), pages 435-440, XP000132027 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS page 435; figures 9-12	1
A	JENKINS P ET AL: "INCREASED EFFICIENCY WITH SURFACE TEXTURING IN ITQ/IMP SOLAR CELLS" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDIUM PHOSPHIDE AND RELATED MATERIALS, NEWPORT, APR. 21 - 24, 1992, no. CONF. 4, 21 April 1992 (1992-04-21), pages 186-189, XP000341256 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS ISBN: 0-7803-0522-1 page 187, column 1, line 20 - line 28; figures 1-3	1-3
A	WO 89 05521 A (SPECTROLAB INC) 15 June 1989 (1989-06-15) page 5, line 22 -page 6, line 9; figures 1,2	1

Form PCT/NL/89 (publication of international search report) (July 1989)

page 2 of 2

(33)

特表2002-530894

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Serial Application No.

PCT/NL 99/00708

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 8905523 A	15-06-1989	NONE	

Form PCT/ISA/210 (patent family member) 01/01/2000

(34)

特表2002-530894

---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I  
T, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ  
, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, K  
E, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW  
, EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, C  
R, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI  
, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,  
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, K  
Z, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA  
, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ,  
PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, S  
K, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG  
, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW